

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-52360

(43) 公開日 平成9年(1997)2月25日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J	2/045		B 4 1 J	3/04
	2/055			1 0 3 A
	2/01			1 0 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数22 F D (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平8-110384	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成8年(1996)4月5日	(72) 発明者	北原 強 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平7-97239	(72) 発明者	森腰 耕司 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(32) 優先日	平7(1995)4月21日	(72) 発明者	百瀬 薫 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 木村 勝彦 (外1名)
(31) 優先権主張番号	特願平7-97240		
(32) 優先日	平7(1995)4月21日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平7-166969		
(32) 優先日	平7(1995)6月8日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

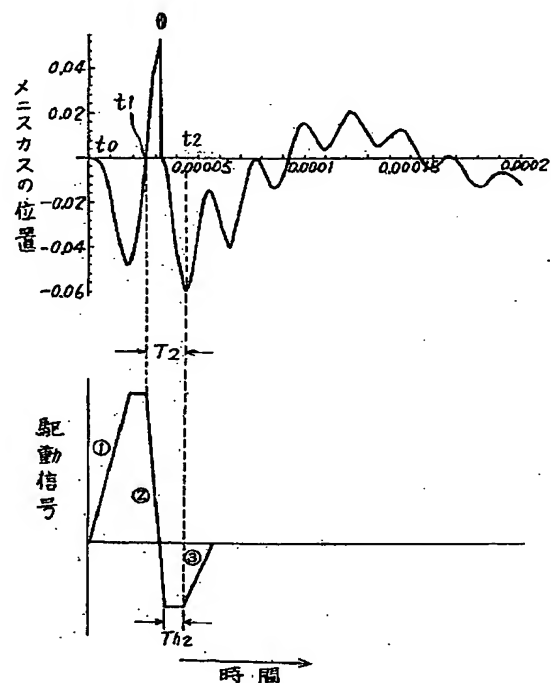
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録装置

## (57) 【要約】

【課題】 高速駆動に起因するインク滴の着点位置のぶれやインクミストの発生を防止すること。

【解決手段】 圧力発生室をヘルムホルツ共振周波数の周期  $T_c$  にほぼ一致する時間で拡大させる第1の信号①と、膨張状態にある圧力発生室を収縮させてノズル開口からインク滴を吐出させる第2の信号②と、インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動が最も圧力発生室に移動した時点で第1の信号による拡大容積よりも小さい容積で圧力発生室を再び拡大させる第3の信号③を圧電振動子に印加して、インク滴の吐出により発生したメニスカスの振動が、ノズル開口に向かおうとした時点で、再び圧力発生室を膨張させてメニスカスの運動エネルギーを効果的に減衰させて、次のインク滴吐出に最適な位置にメニスカスを留める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ノズル開口、及びインク供給口を介して共通のインク室に連通し、周期 TH のヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、

前記圧力発生室を拡大させる第 1 の信号と、膨張状態にある前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第 2 の信号と、前記インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動がノズル開口側に向かう時点で第 1 の信号による拡大容積よりも小さい容積で前記圧力発生室を拡大させる第 3 の信号を出力する駆動信号発生手段とからなるインクジェット式記録装置。

【請求項 2】 前記第 3 の信号は、その振幅が前記第 2 の信号の振幅の 0.1 乃至 0.5 倍に設定されている請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 3】 前記第 3 の信号は、その振幅が前記第 2 の信号の振幅の 0.2 乃至 0.4 倍に設定されている請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 4】 前記第 3 の信号は、その継続時間が周期 TH よりも小さく設定されている請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 5】 前記第 3 の信号は、その継続時間が前記第 2 の信号と実質的に同一の値に設定されている請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 6】 前記第 2 の信号が出力されてから前記第 3 の信号が出力されるまでの経過時間がヘルムホルツ共振周波数の周期 TH と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 7】 前記第 1 の信号がヘルムホルツ共振周波数の周期 TH と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 8】 前記第 2 の信号の継続時間が前記圧電振動子の固有振動周期と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 9】 前記第 3 の信号の継続時間が前記圧電振動子の固有振動周期と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 10】 ノズル開口、及びインク供給口を介して共通のインク室に連通し、周期 TH のヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、

前記圧力発生室を前記周期 TH にほぼ一致する時間で膨張させる第 1 の信号と、前記第 1 の信号の印加開始から一定の時間経過後に膨張状態にある前記圧力発生室を収

縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第 2 の信号と、前記インク滴吐出後に前記第 1 の信号による拡大容積よりも小さい容積で前記圧力発生室を膨張させる第 3 の信号を出力する駆動信号発生手段と、第 1 の信号と第 3 の信号との振幅比を調整する手段と、を備えてなるインクジェット式記録装置。

【請求項 11】 前記振幅比は、前記第 3 の信号の継続時間により調整される請求項 10 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 12】 第 3 の信号は、その継続時間が第 2 の信号と実質的に同一の値に設定されている請求項 10 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 13】 ノズル開口、及びインク供給口を介して共通のインク室に連通し、ヘルムホルツ共振周波数 FH を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、

前記圧力発生室を拡大させる第 1 の信号と、膨張状態にある前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第 2 の信号と、前記インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動がノズル開口側に向かう時点で前記第 1 の信号による拡大容積よりも小さい容積で前記圧力発生室を拡大させる第 3 の信号を出力する駆動信号発生手段と、

前記第 2 の信号の終了時点から前記第 3 の信号を印加するまでの時間を調整する手段とを備えてなるインクジェット式記録装置。

【請求項 14】 前記第 3 の信号は、その振幅が前記第 2 の信号の振幅の 0.1 乃至 0.5 倍に設定されている請求項 13 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 15】 前記第 3 の信号は、継続時間が周期 TH よりも小さく設定されている請求項 13 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 16】 前記第 3 の信号は、その継続時間が前記第 2 の信号と実質的に同一の値に設定されている請求項 13 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 17】 前記第 2 の信号が出力されてから前記第 3 の信号が出力されるまでの経過時間が周期 TH と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項 13 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 18】 前記第 1 の信号が周期 TH と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項 13 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 19】 前記第 2 の信号の継続時間が圧電振動子の固有振動周期と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項 13 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 20】 前記第 3 の信号の継続時間が圧電振動子の固有振動周期と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項 13 に記載のインクジェット式

記録装置。

【請求項 21】 前記第 3 の信号の出力する時点を環境温度に応じて制御する手段を備えた請求項 13 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 22】 インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動が最も前記圧力発生室側に移動した時点に一致するように前記第 3 の信号を出力する時点を環境温度に応じて制御する手段を備えた請求項 13 に記載のインクジェット式記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術の分野】 本発明は、縦振動モードの圧電振動子をアクチュエータに使用したインクジェット記録ヘッドの駆動技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 一部が弾性板により構成され、ノズル開口に連通する圧力発生室を、圧電振動子により膨張、収縮させて、インクの吸引、インク滴の形成を行うインクジェット式記録ヘッドの高速駆動用アクチュエータとして、圧電材料と導電層を交互に積層し、その軸方向の伸

20

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、このような縦振動モードの圧電振動子は、高速駆動が可能なものの、残留振動の減衰率が小さいため、インク滴吐出後にも大きな残留振動が残ってメニスカスの挙動に影響を与え、これに起因して次のインク滴吐出時におけるメニスカスの位置がバラつき、結果としてインク滴の飛翔方向が変動したり、またメニスカスのノズル開口側への大きなオーバーシュートによりインクミストが生じたりして印字品質の低下を招くという問題がある。本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、インクミストの発生やインク滴の飛行曲がりを引き起こすことなく、高速駆動が可能なインク

30

40

【0004】

【課題を解決するための手段】 このような問題を解消するために本発明においては、ノズル開口、及びインク供

50

給口を介して共通のインク室に連通し、周期 TH のヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、前記圧力発生室を拡大させる第 1 の信号と、膨張状態にある前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第 2 の信号と、前記インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動がノズル開口側に向かう時点で第 1 の信号による拡大容積よりも小さい容積で前記圧力発生室を拡大させる第 3 の信号を出力する駆動信号発生手段とを備えるようにした。

【0005】

【作用】 インク滴の吐出により発生したメニスカスの振動が、ノズル開口側に向かう時点で、第 3 の信号により圧力発生室を微小膨張させてメニスカスの振動を効果的に減衰させ、かつ次のインク滴吐出に最適な位置となるようにノズル開口の内側にメニスカスを留めさせる。

【0006】

【発明の実施の形態】 そこで以下に本発明の詳細を図示した実施例に基づいて説明する。図 1 は、本発明に使用するインクジェット式記録ヘッドの一実施例を示すものであって、図中符号 1 はノズル開口 2 が穿設されたノズルプレート、7 は流路構成板、8 は弾性板で、流路構成板 7 の両面をノズルプレート 1 と弾性板 8 とで封止してインク流路ユニット 11 が構成されている。

【0007】 このインク流路ユニット 11 は、圧力発生室 3、共通のインク室 4、及びこれらを接続するインク供給口 5 を有し、後述する圧電振動子 9 の伸長、収縮を受けてインク滴を吐出したり、またインクを吸引したりする働きをするものである。

【0008】 9 は、圧電振動子で、伸長方向に平行に圧電材料と導電材料を交互に積層して構成され、充電状態では導電層の積層方向と直角な方向に収縮し、また充電状態から放電状態に移る時点で導電層と直角な方向に伸長する、いわゆる縦振動モードの振動子で、その先端を圧力発生室 3 を形成している弾性板 8 に当接させた状態で他端が基台 10 に固定されている。

【0009】 ところで、このように構成されたインクジェット式記録ヘッドは、圧力発生室 3 のインクの圧縮性に起因する流体コンプライアンスを  $C_i$ 、また圧力発生室 3 を形成している弾性板 8、ノズルプレート 1 等の材料自体の固体コンプライアンスを  $C_v$ 、ノズル開口 2 のイナータンスを  $M_n$ 、インク供給口 5 のイナータンスを  $M_s$  とすると、圧力発生室 3 のヘルムホルツ周波数  $F_H$  は、

$$F_H = 1 / 2\pi \times \sqrt{\{(M_n + M_s) / (C_i + C_v) (M_n \times M_s)\}}$$

により表すことができる。

【0010】 なお、流体コンプライアンス  $C_i$  は、圧力発生室 3 の体積を  $V$ 、インクの密度を  $\rho$ 、インク中での音速を  $c$  とすると、

$$C_i = V / \rho c^2$$

により表すことができる。

【0011】さらに圧力発生室3の固体コンプライアンス $C_v$ は、圧力発生室3に単位圧力を印加したときの圧力発生室3の静的な変形率に一致する。

【0012】具体例を挙げると、長さが0.5乃至2mmで、幅0.1乃至0.2mm、深さ0.05乃至0.3mmのサイズとして構成された圧力発生室3の場合、ヘルムホルツ共振周波数 $F_H$ は50kHz乃至200kHz程度となる。

【0013】図2は、上述したインクジェット式記録ヘッドを駆動する駆動回路の一実施例を示すものであって、図中符号20は、制御信号発生回路で、入力端子21、22と出力端子23、24、25を備え、端子21、22には印刷データを生成する外部装置からの印字信号とタイミング信号が入力し、また出力端子23、24、25からシフトクロック信号、印字信号、及びラッチ信号が出力するように構成されている。

【0014】26は、駆動信号発生回路で、端子22から入力した外部装置からのタイミング信号に基づいて圧電振動子9、9、9……を駆動する駆動信号を出力するものである。

【0015】F1、F1、F1……は、それぞれラッチ回路を構成するフリップフロップであり、またF2、F2、F2……はシフトレジスタを構成するフリップフロップで、フリップフロップF2、F2、F2……から各圧電振動子9、9、9……に対応して出力された印字信号をフリップフロップF1、F1、F1……でラッチし、オアゲート28、28、28……を介して各スイッチングトランジスタ30、30、30……に選択信号を出力するように構成されている。

【0016】図3は、前述の制御信号発生回路20の一実施例を示すものであって、図中符号31は、カウンタで、端子22から入力するタイミング信号(図5

(I))の立ち上がりで初期化され、発振回路33からのクロック信号を駆動信号発生回路26の出力端子29に接続されている圧電振動子9、9、9……の数に一致する値まで計数した時点でLOWレベルのキャリア信号を出力して計数動作を停止するものである。このカウンタ31のキャリア信号は、ANDゲートを介して発振回路23からのクロック信号と論理積を取られて端子23にシフトクロック信号を出力する。

【0017】また、符号34は、端子21から入力する圧電素子9、9、9……に一致するビット数の印字データを記憶するメモリで、ANDゲートからの信号に同期して内部に記憶している印字データを端子24に1ビット毎にシリアル出力する機能をも合わせ備えている。

【0018】この端子24からシリアル転送される印字信号(図5(VII))は、次の印刷周期でスイッチングトランジスタ30、30、30……の選択信号となり、

印字信号の端子23から出力されたシフトクロック信号(図5(VIII))により前述のシフトレジスタを構成しているフリップフロップF1、F1、F1、……にラッチされる。なお、ラッチ信号は、前述のキャリア信号の立ち下がりに同期してラッチ信号生成回路35から出力され、その出力の時点は後述する駆動信号が中間電位 $V_M$ を維持する期間である。

【0019】図4は、前述した駆動信号発生回路26の一実施例を示すものであって、図中符号36は、タイミング制御回路で、縦属接続された3つのワンショットマルチバイブレータM1、M2、M3を有し、各ワンショットマルチバイブレータM1、M2、M3にはそれぞれ第1の充電時間( $T_{c1}$ )と第1のホールド時間( $T_{h1}$ )との和 $T1 = (T_{c1} + T_{h1})$ 、放電時間( $T_d$ )と第2のホールド時間( $T_{h2}$ )との和 $T2 = (T_d + T_{h2})$ 、及び第2の充電時間 $T_{c2}$ を規定するためのパルス幅PW1、PW2、PW3(図5(II)、(III)、(IV))が設定されている。

【0020】各ワンショットマルチバイブレータM1、M2、M3から出力するパルスの立ち上がり、立ち下がりによりそれぞれ充電を実行させるトランジスタQ2、放電を実行させるトランジスタQ3、及び第2の充電を実行させるトランジスタQ6をオン、オフ制御するように構成されている。

【0021】外部装置からのタイミング信号が端子22に入力すると、タイミング制御回路36を構成するワンショットマルチバイブレータM1は、予めこれに設定されているパルス幅PW1( $T_{c1} + T_{h1}$ )のパルス信号

(図5(II))を出力する。このパルス信号によりトランジスタQ1がオンとなると、初期状態で既に電位 $V_M$ に充電されているコンデンサCがトランジスタQ2と抵抗R1とにより定まる一定電流 $I_{c1}$ でもって充電される。この充電によりコンデンサCの端子電圧が電源電圧 $V_H$ になると、充電動作が自動的に停止し、以後、放電されるまでこの電圧が維持される。

【0022】次ぎにワンショットマルチバイブレータM1のパルス幅PW1に相当する時間( $T_{c1} + T_{h1}$ ) =  $T1$ が経過してこれが反転すると、トランジスタQ1がオフとなり、またワンショットマルチバイブレータM2からパルス幅PW2のパルス信号(図5(III))が出力してトランジスタQ3がオンとなってコンデンサCを放電させる。この放電は、トランジスタQ4と抵抗R3とにより定まる一定電流 $I_d$ でもってほぼ電圧 $V_L$ に到達するまで継続して行なわれる。

【0023】ワンショットマルチバイブレータM2のパルス幅PW2に相当する時間( $T_d + T_{h2}$ )が経過してこれが反転すると、ワンショットマルチバイブレータM3からパルス幅PW3のパルス信号(図5(IV))が出力してトランジスタQ6がオンとなる。これによりコンデンサCは、一定電流 $I_{c2}$ で再び充電され、ワンショット

マルチバイブレータM3のパルス幅PW3に相当する時間(Tc2)で決まる中間電位VMに到達し、この電位VMで充電が終了する。

【0024】このような充放電により、図5に示したような中間電位VMから電圧VHに一定の勾配で上昇し、この電圧VHを一定時間Th1を保持し、今度は一定の勾配でVLまで降下し、この電圧VLを一定時間Th2を保持し、さらに再び中間電位VMまで上昇する駆動信号が発生する。

【0025】ところで、上述の駆動信号発生回路26におけるコンデンサCの容量をC0、抵抗R1の抵抗値をRr1、抵抗R2の抵抗値をRr2、抵抗R3の抵抗値をRr3、トランジスタQ2、Q4、Q7のベース-エミッタ間の電圧をそれぞれVbe2、Vbe4、Vbe7とすると、前述した充電電流Ic1、放電電流Id、充電電流Ic2、及び充電時間Tc1、放電時間Td、及び充電時間Tc2は、それぞれ

$$Ic1 = Vbe2 / Rr1$$

$$Id = Vbe4 / Rr3$$

$$Ic2 = Vbe7 / Rr2$$

$$Tc1 = C0 \times (VM - VL) / Ic1$$

$$Td = C0 \times (VH - VL) / Id$$

$$Tc2 = C0 \times (VM - VL) / Ic2$$

となる。

【0026】圧力発生室3を膨張収縮させるためのアクチュエータとして縦振動モードの圧電振動子9を使用し、また高速駆動のために圧力発生室3のヘルムホルツ周波数FHが高くなるように構成された記録ヘッドにあっては、前述したようにインク滴吐出後の圧電振動子9の残留振動の継続時間がヘルムホルツ周波数FHの周期THよりも相対的に長くなるため、メニスカスが圧電振動子9の残留振動の影響を受けてメニスカスが不安定になる。

【0027】このためこの実施例では、まず圧電振動子9の残留振動を抑制する目的で、インク滴吐出のための伸長時の放電時定数Tdと、圧力発生室3の微小膨張時の充電時定数Tc2とを共に圧電振動子9の固有振動周期Taに一致させ、さらにヘルムホルツ共振周波数THと、充電時定数Tc1、及び放電時定数Tdとの関係を、 $0.5TH < Tc1 < 2TH$ 、望ましくは $Tc1 \approx TH$ 、 $Td \approx Ta$ 、望ましくは $Td < TH$ 、 $Tc2 \approx Ta$ 、望ましくは $Tc2 < TH$ となるように設定する。また、放電電圧、つまり充電が完了して一定の電位となった状態と放電が完了した状態までの電位差V1と、放電が終了した状態と中間電位VMとの電位差V2の比 $V2/V1 = R2/1$ が、0.1乃至0.5の範囲となるように設定しておく。

【0028】次ぎにこのように構成した装置の動作について説明する。前述したように制御信号発生回路20は、前の印刷周期の間にスイッチングトランジスタ3

0、30、30、……の選択信号を転送して、全ての圧電振動子9、9、9……が中間電位VMに充電されている期間にフリップフロップF1、F1、F1……にこの選択信号をラッチさせている。その後、タイミング信号が入力し、図5(V)に示す駆動信号が中間電位VMから電圧VHまで上昇して圧電振動子が充電される。圧電振動子9は、この充電により一定速度で収縮して圧力発生室3を膨張させる。

【0029】この圧力発生室3の膨張によりインク供給口5を介して共通のインク室4のインクが圧力発生室3に流れ込み、同時にノズル開口2のメニスカスが圧力発生室3側に引き込まれる。駆動信号が電圧VHに到達すると、所定時間Th1の期間だけこの電圧VHを維持し、その後に電位VLに向けて降下する。駆動信号が電位VLに向けて降下すると、電圧VHに充電されていた圧電振動子9、9、9、……の充電電荷がダイオードDを介して放電され、圧電振動子9は伸長して圧力発生室3を収縮させる。この圧力発生室3の収縮によりインクが加圧されてノズル開口2からインク滴として吐出する。その後、ノズル開口2内のメニスカスが振動を開始する。

【0030】この実施例ではメニスカスの振動が圧力発生室3側に最も引き込まれ、ノズル開口2の側に転じる時点で、駆動信号を電圧VLから中間電位VMに向けて再び上昇するように設定しているため、圧電振動子9が再び充電されて圧力発生室3が微小膨張する。この圧力発生室3の微小膨張によりノズル開口側に移動するように反転したメニスカスが圧力発生室側に引き戻されるから、メニスカスはその運動エネルギーを減じられてその振動を急速に減衰する。

【0031】上述のようにインク吐出後に発生するメニスカスの振動を抑制するためには、メニスカスの運動方向と反対方向の力を圧力発生室3のインクに与えるのが望ましいから、第3の信号(図7において③で示す信号)により圧力発生室3を微小膨張させるタイミングは、インク吐出後に生じたメニスカスの微小振動がノズル開口側に向かい始める時点(図7における時間t2)が望ましい。

【0032】ところで、圧力発生室3のインクは、圧電振動子9に第2の信号(図7において②で示す信号)が印加されて圧力発生室3が収縮された時点から周期THのヘルムホルツ周波数FHで振動を開始しているため、結局、第3の信号③を印加するタイミングは、 $Td + Th2 \approx TH \times n$ (ただし、nは1以上の整数)に等しくなるように設定しておくのが望ましい。そして可及的早期、つまりメニスカスが圧力発生室3の奥側に存在する段階で振動を抑制すると、メニスカスの振動によるインクミストの発生防止と、次のインク滴吐出までの時間の短縮に役立つから、上記数値nが可及的に小さな値、例えばn=1の時点が望ましい。

【0033】他方、上記圧力発生室3の微小な膨張の相

対的な大きさ、つまり第3の信号③による充電電圧V2と、インク滴吐出のための放電電圧V1との比R2/1が0.1乃至0.5、望ましくは0.2乃至0.4が良い結果をもたらす。

【0034】すなわち、第3の信号③を印加しない場合には図8（イ）に示したようにインク滴吐出後に生じるメニスカスの自由振動が、次のインク滴を吐出するのに適した位置、つまりノズル開口近傍に復帰するまでの時間 $t_{r1}$ が極めて短いものの、メニスカスがノズル開口2から大きく突出（図中、クロスハッチングで示した領域）するため、メニスカスの運動エネルギーによるインクミストが発生しやすくなる。

【0035】これに対して第3の信号③の電圧V2を放電電圧V1と同じ大きさにすると、図8（ヘ）に示したようにメニスカスが圧力発生室側に大きく引き込まれるからインクミストの発生を防止することができるものの、次のインク滴を吐出するための位置に復帰するまでの時間 $t_{r6}$ が極めて長くなり、駆動周波数を下げざるを得なくなる。

【0036】これらの結果を踏まえて比R2/1を0.1程度に設定すると、図8（ロ）に示したように自由振動しているメニスカスを圧力発生室側に引き戻して運動エネルギーを減少させてインクミストの発生を防止しつつ、次のインク滴を吐出するための位置への復帰時間 $t_{r12}$ を短縮することができる。

【0037】そしてこの比R2/1を0.3、0.5、0.7と大きくしていくと、図8（ハ）、（ニ）、（ホ）に示したようにメニスカスの振動を早期に減衰させることができるものの、メニスカスが圧力発生室側に大きく引き込まれるため、次のインク滴が吐出可能になるまでの時間 $t_{r3}$ 、 $t_{r4}$ 、 $t_{r5}$ が大きくなる。

【0038】これらの事情を考慮すると、駆動信号の電圧比R2/1を0.1乃至0.5、望ましくは0.2乃至0.4の範囲に設定すると、10kHz以上という高い周波数応答性を得ることができて、インクミストの発生防止と印刷速度の向上との両立を図ることができる。

【0039】前述したように、ノズル開口2のメニスカスは、圧力発生室3の膨張速度に比例した速度で、圧力発生室側に引き込まれ、最も引き込まれた位置から振動しながらノズル開口2に向かって復帰するという現象がある。図10は、この現象を示すもので、圧電振動子9を収縮させて圧力発生室3を膨張させるための駆動信号と、その時のメニスカスの引き込み量との関係を示すものである。図10において実線は、駆動信号の電圧を中間電位VM1から電圧VHに上昇させた場合を、また一点鎖線は電圧VM1より高い電圧VM2から電圧VHに上昇させた場合のメニスカスの運動を表わしている。

【0040】図10に示したように圧力発生室3の膨張開始から一定時間T1経過後のメニスカスの引き込み量は、符号m1、m2で示したように圧力発生室の膨張量

に比例しているから、一定のタイミングで圧力発生室3を収縮させると、インク滴が吐出される時点での各メニスカスは、距離D1、D2の位置となる。

【0041】すなわち、駆動信号の電圧を中間電位VM1から電圧VHに上昇させた場合は、インク滴吐出時点のメニスカスはノズル開口2から遠く離れた距離D1の位置に存在するので、インク滴を構成するインク量が少なく、記録用紙には小さなサイズのドットが印刷される。一方、駆動信号の電圧を中間電位VM2から電圧VHに上昇させた場合は、インク滴吐出時点でのメニスカスはノズル開口2に近い距離D2の位置に存在するので、インク滴のインク量が多くなり、記録用紙に大きなサイズのドットが形成されることになる。換言すれば、駆動信号の中間電位を調整することによりインク滴のインク量を変えてドットサイズを調整することが可能となる。

【0042】図9は、このような現象を積極的に利用して記録媒体に形成するドットサイズを調整するための実施例を示すものであって、駆動としては前述した図2乃至図4と同等の機能を備えるものを使用し、ただタイミング回路36を構成しているワンショットマルチバイブレータM3は、これから出力させる信号のパルス幅をホスト装置から調整可能とするために外部信号により時定数を可変設定する調整機能を備えている。

【0043】この実施例において、タイミング信号が入力すると、圧力発生室3の膨張を開始させ、膨張開始時点から時間T1が経過した時点で圧力発生室3を収縮させてインク滴を吐出させるまでの動作は前述した通りである。インク滴の吐出に伴って発生するメニスカスの振動がノズル開口側に転じる時点で、ワンショットマルチバイブレータM3が作動して駆動信号の電圧を電圧VLから所定の中間電位まで上昇させて圧力発生室3を微小膨張させる。

【0044】このとき、次の印刷周期で印刷するドットのサイズを決定すべく、ワンショットマルチバイブレータM3のパルス幅を調整する。中間電位VMの電圧は、ワンショットマルチバイブレータM3の信号のパルス幅に比例するから、ホストからの信号によりワンショットマルチバイブレータM3のパルス幅を制御すると、次のインク滴吐出の際の中間電位、つまり圧電振動子9の充電開始電圧を電圧VM1、VM2というように調整して、記録媒体上のドットのサイズを自由に変更できる。

【0045】図11は、上述した中間電位VMを種々に変化させた場合におけるインク滴のインク重量、及び速度を調査した結果を、中間電位VMとインク滴を吐出させる際の放電電圧V1との比R2/1を、0.18から0.33まで変化させたときの結果を示すもので、インク滴の速度は、7.5乃至8.0m/sと1.06倍程度の極めて小さい範囲でしか変化せず、中間電位VMには関わりなくほぼ一定値を取るのに対して、インク量は、0.046から0.056μgまで1.2倍も大きく変



化する。

【0046】このことから、ワンショットマルチバイブレータM3のパルス幅PW3を変化させて比R2/1を調整すると、インク滴の着弾位置に変動や、またインクミストの発生を来すことなく、記録用紙上のドットのサイズを任意に調整できることが裏付けられた。

【0047】次に、前述のタイミング発生回路36を、記録ヘッドの仕様や、環境温度の変化に拘らず印字品質を一定に保つように積極的に使用した第3の実施例について説明する。前述したようにインク滴が吐出すると、図7に示したようにノズル開口2内のメニスカスが振動を開始するが、この振動周波数は、ヘルムホルツ共振の周波数FHに支配され、またヘルムホルツ共振の周波数FHは個々の記録ヘッドの製造公差やインクの物性に依存する。

【0048】このため、ロット等が変わると、同じ仕様の記録ヘッドであってもヘルムホルツ共振周波数が変動するという問題がある。このような問題に対処するためには、各記録装置に組み込まれる制御装置のタイミング調整手段、この実施例でいえばワンショットマルチバイブレータM2のパルス幅PW2を各記録ヘッドのヘルムホルツ共振周波数FHに合わせ込んでおけばよい。

【0049】すなわち、ヘルムホルツ共振周波数が変動すると、図12(イ)、(ロ)、(ハ)に示すように放電開始時点t1からメニスカスがノズル開口に復帰するまでの時間T21、T22、T23が微妙に異なるが、各記録ヘッドでのメニスカスの振動が最適な位置に到達した時点でワンショットマルチバイブレータM2が反転するようにその時間を微調整すれば、次の段階では圧力発生室3が微小膨張するから、圧力発生室3内のインクの運動エネルギーを適確に減じさせてインクミストの発生が防止される。

【0050】換言すれば、第3の信号を印加する時点、ワンショットマルチバイブレータM2のパルス幅PW2により個々の記録ヘッド毎に合わせ込むように調整するだけで、常に最適なタイミングで圧力発生室が微小膨張させることができ、たとえ記録ヘッド間でのヘルムホルツ共振周波数FHにバラつきがあるとしても、印字品質の低下を招くことなく記録ヘッドを同一の駆動周波数で駆動することができる。

【0051】一方、環境温度によって記録ヘッドの物理的サイズや、弾性率、さらにはインクの物性が変化するため、ヘルムホルツ共振の周波数FHも環境の温度に大きく影響を受ける。

【0052】製造された多数の記録ヘッドから複数の記録ヘッドをサンプルとして抽出し、各記録ヘッドのヘルムホルツ共振の周期THの温度依存性を調査したところ、図13に示したように記録ヘッド毎にその値(図中\*印、△印、○印、□印、及び×印で示す)が温度により変化した。ところが、ヘルムホルツ共振の周波数FH

の変化率には記録ヘッド毎に個体差がなく、温度に対してほぼ同様の傾向で変化するが判明した。

【0053】したがって、図14に示したようにインク滴吐出のために放電が開始された時点から第3の信号(図7の信号③)を印加する時点までの時間T2を環境温度に対応して調整することにより、ノズル開口に向かうメニスカスの運動エネルギーを効果的に減衰できる時点を見計らって圧力発生室3を再び膨張させることができ、したがって環境温度に関わりなくインクミストの発生を確実に防止することが可能となる。

【0054】図15は、第3の信号の印加時期を環境温度に応じて調整するための一実施例を示すもので、タイミング制御回路35の第2のワンショットマルチバイブレータM2に温度検出手段38からの信号を入力させて、ワンショットマルチバイブレータM2から出力するパルスの幅PW2を制御するように構成したものである。

【0055】この実施例によれば、温度検出手段38からの信号により環境温度に対応して圧力発生室3の微小膨張の開始時期が調整できるため、環境温度の変化に関わりなく、メニスカスの運動エネルギーを確実に減衰させてインク滴を安定に吐出させることができる。

【0056】なお、印字信号がなく、非導通状態のスイッチングトランジスタ30に接続された圧電振動子9は、駆動信号が電圧VHから電圧VLに降下する際に、駆動信号の電圧がVM以下にまで低下してしまうと放電を開始する。これにより、圧力発生室3が微小収縮する。一方、同時にインバータ37で信号レベルを反転されたワンショットマルチバイブレータM3からの出力が、オアゲート28を介して全スイッチングトランジスタ30を導通させる。これらのことにより、印刷にかかわらない圧電振動子9は、インク滴の吐出を伴わない程度に圧力発生室3を微小膨張、微小収縮させることになるから、ノズル開口近傍に形成されているメニスカスが微小振動する。この微小振動は、ノズル開口近傍のインクと圧力発生室のインクとの攪拌を促してノズル開口2のインクの増粘を可及的に防止しインクの目詰まりに至るまでの時間を延長するのに寄与する。

【0057】図16は、前述の駆動信号発生回路26の他の実施例を示すものであって、図中符号40は定電流回路で、トランジスタQ111、Q112、Q113、抵抗R111、R112、R113、R114、R115、R116、R117で構成されており、入力端子IN101に入力されるハイレベルの信号により動作し、抵抗R111の抵抗値r111とトランジスタQ111のベース-エミッタ間電圧VBE111により定まる電流I1、つまり

$$I1 = VBE111 / r111$$

を出力してコンデンサC101を充電する。

【0058】コンデンサC101は、電流I1により充電されてその端子電圧が充電電流I1とコンデンサC101の静

10

20

30

40

50

電容量  $c_{101}$  とにより定まる、

$$dV/dt = I_1/c_{101}$$

なる電圧勾配で上昇する。

【0059】41は、第2の定電流回路で、トランジスタQ121、Q122、Q123、抵抗R121、R122、R123、R124、R125、R126、R127により構成されていて、第1の定電流回路40と同様に入力端子IN102への信号の入力により一定の充電電流をコンデンサC101に供給する。

【0060】42は、第3の定電流回路で、トランジスタQ131、Q132、抵抗R131、R132、R133、R134、R135により、入力端子IN103に投入したハイレベルの信号により動作するシンク型の定電流回路として構成され、抵抗R131の抵抗値  $r_{131}$  とトランジスタQ131のベース-エミッタ間電圧  $V_{BE131}$  により定まる電流  $I_3$ 、つまり

$$I_3 = V_{BE131}/r_{131}$$

でもつてR131を介してコンデンサC101の充電電荷を放電させるものである。

【0061】この第3の定電流回路42により、コンデンサC101の端子電圧は、電流  $I_3$  とコンデンサC101の静電容量  $c_{101}$  とにより定まる、

$$dV/dt = I_3/c_{101}$$

の電圧勾配で降下する。

【0062】43は第4の定電流回路で、トランジスタQ141、Q142、抵抗R141、R142、R143、R144、R145により、第3の定電流回路42と同様にシンク型の定電流回路として構成されている。これら各定電流回路40～43からの電流により充放電されるコンデンサC101の端子電圧は、トランジスタQ101、Q102、Q103、Q104で構成される電流バッファ44を介して端子OUT101に駆動信号として出力されて圧電振動子9に供給される。

【0063】このように構成された回路の動作を図17に基づいて説明する。印刷準備期間中に所定時間  $t_1$  のHIレベルの信号が入力端子IN101に投入すると、第1の定電流回路40から電流  $I_1$  が出力してコンデンサC102が充電されて出力端子OUT101の電圧を中間電位VMに時間とともに上昇させて第1の信号を発生させる。時間  $t_1$  が経過すると、入力端子IN101の信号をLOWレベルとなり、コンデンサC102の充電が停止して、以後出力電圧を中間電位VMに維持する。

【0064】この状態で印刷期間に入るとコンデンサC101の端子電圧が中間電位VMから電源電圧VHまで立ち上がるに必要な時間以上の時間  $t_2$ 、入力端子IN102にHIレベルの信号を印加して、駆動信号の電圧を中間電位VMから電源電圧VH付近まで時間と共に立ち上げ、以後このほぼこの電圧VHを維持する。これにより、圧力発生室3が中間電位VMと電源電圧VHとの電位差に相当する分、膨張する。

【0065】そして、インク吐出のタイミングに合わせて、コンデンサC101の端子電圧をほぼゼロボルトまで低下させるに必要な時間以上の時間  $t_3$  のHIレベルの信号を入力端子IN103に投入し、駆動信号をゼロボルト程度に低下させて第2の信号を発生させる。

【0066】その後、インク滴吐出後に生じるメニスカスの運動を静停させることができるタイミングを狙って時間  $t_1$  のHIレベル信号を入力端子IN101に投入して駆動信号の電圧を中間電位VMまで上昇させて第3の信号を発生させる。この信号により圧力発生室3が微小膨張して、メニスカスを圧力発生室側に引き戻す。以後、印刷期間中、上述の第1、第2、及び第3の信号を1印刷信号毎に出力させる。

【0067】1行の印刷が終了すると、コンデンサC101の端子電圧をゼロボルトまで立ち下げるに必要な時間以上の時間  $t_4$  だけHIレベルの信号を入力端子IN104に印加し、駆動電圧波形をゼロボルト付近まで低下させる。なお、この電圧の低下により圧力発生室3が微小収縮するので、第4の定電流回路43は、その時定数がインクが吐出しない程度の大きな値に設定されていて、なだらかに電圧が低下するように構成されている。

【0068】図18は、上述した駆動信号発生回路を使用して印刷動作を実行する場合の動作を示すもので、上述したように印刷準備期間においては、駆動電圧がゼロボルトから中間電位VMまで立ち上がる期間、全出力オン信号をHIレベルにして、全ての双方向スイッチングトランジスタ30' (図19) を導通状態として印刷データに関係なく、全ての圧電振動子9にこの中間電位VMを供給して全ての圧電振動子9を中間電位VMまで充電する。

【0069】次に、通常の印刷期間では、全出力オン信号がLOWレベルの時、印刷データ1乃至印刷データnにより選択的に導通されている双方向スイッチングトランジスタ30' を介して特定の圧電振動子9に駆動信号を印加して充電を行い、また選択されていない圧電振動子9には充電を行わず、ただ中間電位VMを維持させる。

【0070】また、1印刷周期の開始時と終了時とで駆動電圧波形が中間電位VMに保持される期間のうち、少なくとも1回は全出力オン信号をHIレベルにする。これにより、1印刷周期中に印刷データが全くなく、長時間非駆動状態が継続して放電により中間電位VMが低下した圧電振動子を再充電して中間電位を正規の電圧VMに上昇させてリフレッシュを図ることができる。

【0071】さらに、印刷終了処理期間においては、駆動電圧波形が中間電位VMからゼロボルト付近に低下した段階で、全出力オン信号をHIレベルにする。これにより、全ての圧電振動子3の残留電荷が確実に放電することになり、圧電振動子9の端子電圧をゼロボルトとして、ノイズ等による圧電振動子の意図しない膨張、収縮



に起因する微小インク滴の発生を阻止する。

【0072】図16に示した実施例は、中間電位VMから電圧VHに上昇する第1の信号と、電圧VHから略零ボルトまで降下する第2の信号と、略零ボルトから中間電位VMに上昇する第3の信号の電圧上昇、及び電圧降下の際の電圧勾配を独立に設定することができるため、記録ヘッドの特性に適合した駆動信号をより一層適切に設定することができる。なお、図16に示した実施例では、入力端子IN101～IN104に印加する信号を出力する信号生成回路を特に明示していないが、例えば図4に示したようにワンショットマルチバイブレータを縦属接続したタイミング調整回路により構成できることは明らかである。

【0073】なお、上述の実施例においては、圧電振動子を充電することにより圧力発生室を膨張させ、また圧電振動子の電荷を放電させることにより圧力発生室を収縮させてインク滴を吐出する形式のインクジェットヘッドに適用した場合について説明したが、図20に示したように振動方向に圧電材料51と電極材料52、53とを交互に積層した、いわゆるd33効果により充電時に伸

長し、また放電時に収縮する圧電振動子54を用いた記録ヘッドに適用しても同様の作用を奏することは明らかである。

【0074】すなわち、上述した駆動信号発生回路のそれぞれの入力端子IN101、IN102、IN103、IN104に図21に示したようなタイミングで信号を入力すればよい。

【0075】また、上述の実施例においては、圧電振動子を駆動するスイッチ30に制御データをシリアル転送する場合に例を採って説明したが、記録ヘッドを構成している圧電振動子の数が少ない場合には、シフトレジスタ等のシリアル-パラレル変換手段を省いて図22に示したように、スイッチ30の制御ゲートに信号を出力するオアゲート46に印刷データや全オン信号を直接を入力して、駆動信号を圧電振動子9に出力するようにしても同様の作用を奏することは明らかである。

【0076】また、上述の実施例においては各信号の出力時点をワンショットマルチバイブレータにより制御しているが、マイクロコンピュータ等他のタイミング制御手段を使用できることは明らかである。

【0077】

【発明の効果】以上、説明したように本発明においては、圧力発生室を拡大させる第1の信号と、膨張状態にある圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第2の信号と、インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動がノズル開口側に向かう時点で第1の信号による拡大容積よりも小さい容積で圧力発生室を拡大させる第3の信号を出力する駆動信号発生手段とを備えたので、インク滴の吐出にノズル開口に向かうとして

的に減衰させることができ、メニスカスの運動エネルギーに起因するインクミストの発生を防止するとともに、次のインク滴吐出のためにメニスカスを一定位置に留めて飛翔の安定を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のインクジェット記録装置に使用するインクジェット式記録ヘッドの一実施例を示す断面図である。

【図2】本発明のインクジェット式記録装置の一実施例を示すブロック図である。

【図3】同上装置における制御信号発生回路の一実施例を示すブロック図である。

【図4】同上装置における駆動信号発生回路の一実施例を示す回路図である。

【図5】図(Ⅰ)乃至(ⅧⅡ)はそれぞれ同上装置の動作を示す波形図である。

【図6】駆動信号を規定する各パラメータを示す図である。

【図7】メニスカスの挙動を駆動信号との関係で示す図である。

【図8】(イ)乃至(ヘ)は、それぞれ全駆動電圧に対する第2駆動信号の比を変えた場合におけるメニスカスの挙動を示すもので、図(イ)は、0の場合を、図(ロ)は0.1の場合を、図(ハ)は0.3の場合を、図(ニ)は0.5の場合を、図(ホ)は0.7の場合を、及び図(ヘ)は1の場合を示す波形図である。

【図9】図(Ⅰ)乃至(Ⅵ)はそれぞれ本発明の他の実施例を示す波形図である。

【図10】圧力発生室の膨張開始からインク滴吐出までメニスカスの挙動を駆動信号との関係で示す図である。

【図11】放電電圧と微小充電電圧との比に対する、インク滴の速度、及びインク量の関係を示す図である。

【図12】図(イ)乃至(ハ)は、それぞれヘルムホルツ共振周波数とインク滴吐出後のメニスカスの戻り時間を示す図である。

【図13】環境温度とヘルムホルツ共振の周期との関係を示す線図である。

【図14】環境温度と第3の信号を印加する時期との関係を示す線図である。

【図15】本発明の他の実施例を示すブロック図である。

【図16】駆動信号発生回路の一実施例を示す回路図である。

【図17】同上回路の動作を示す波形図である。

【図18】1印刷工程中における同上回路の動作を示す波形図である。

【図19】図16に示した駆動信号発生回路で駆動するに適したインクジェット式記録装置の一実施例を示すブロック図である。

【図20】本発明の駆動技術が適用可能なインクジェッ

17

ト式記録ヘッドの他の実施例を示す図である。

【図21】図16に示した駆動信号発生回路を同上記録ヘッドを駆動するために使用する際の制御方法を示す波形図である。

【図22】印刷データの印加方式の他の実施例を示すブロック図である。

\* 【符号の説明】

1 ノズルプレート

2 ノズル開口

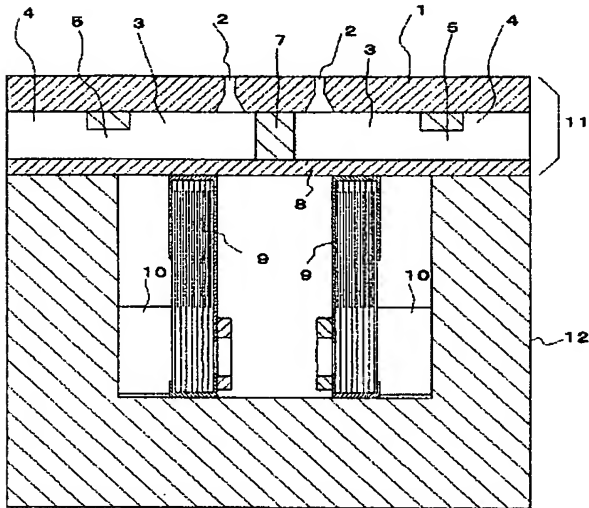
3 圧力発生室

8 弾性板

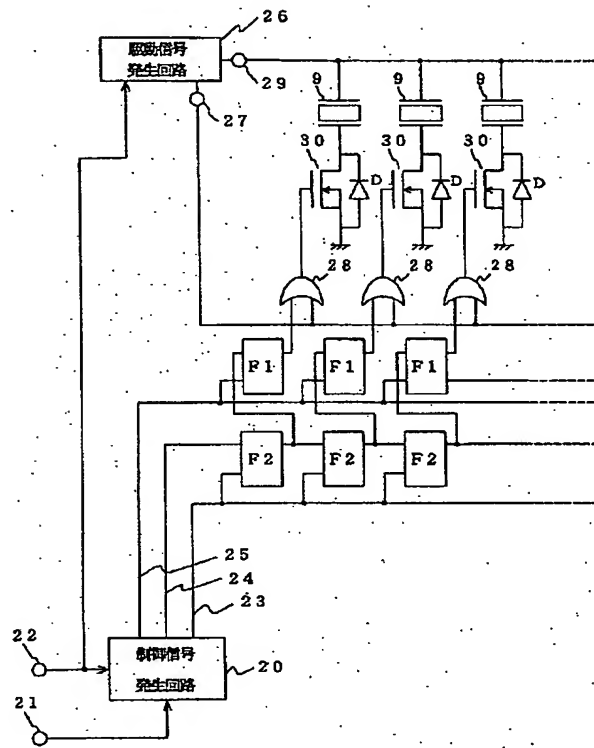
\* 9 圧電振動子

18

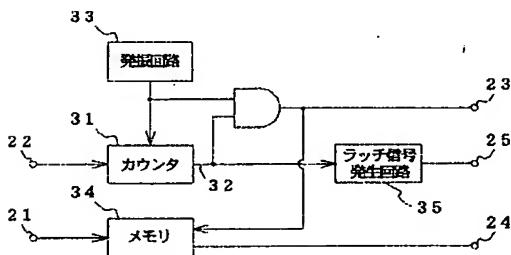
【図1】



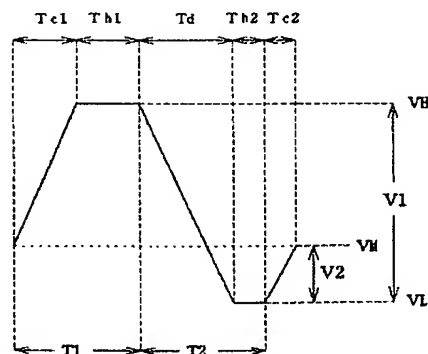
【図2】



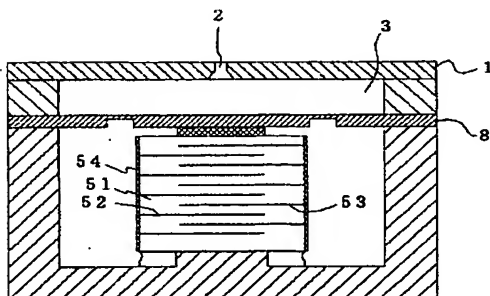
【図3】



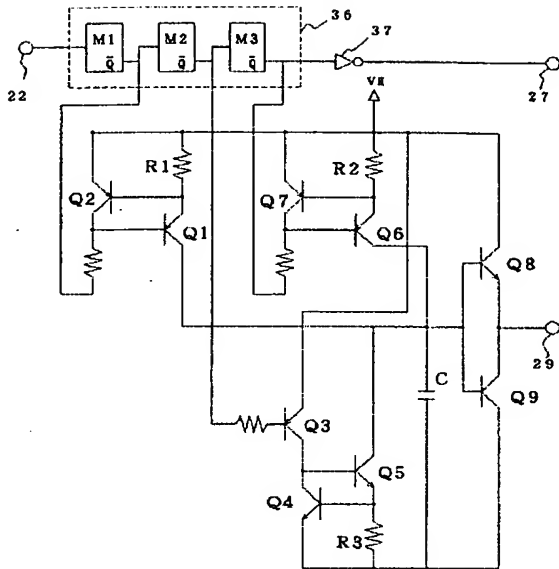
【図6】



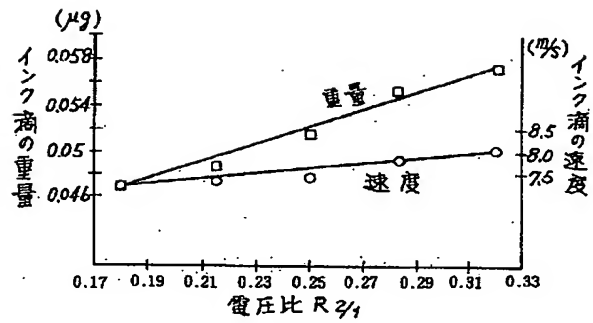
【図20】



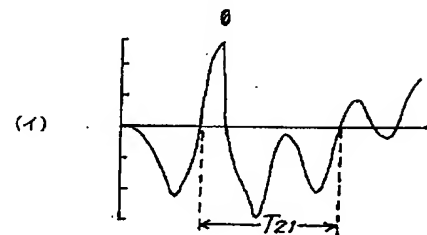
【図4】



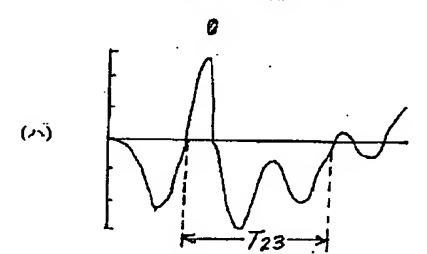
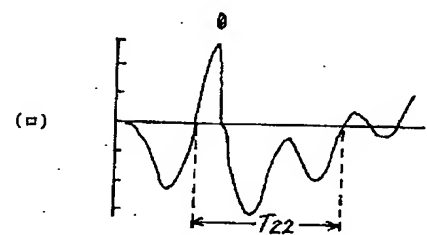
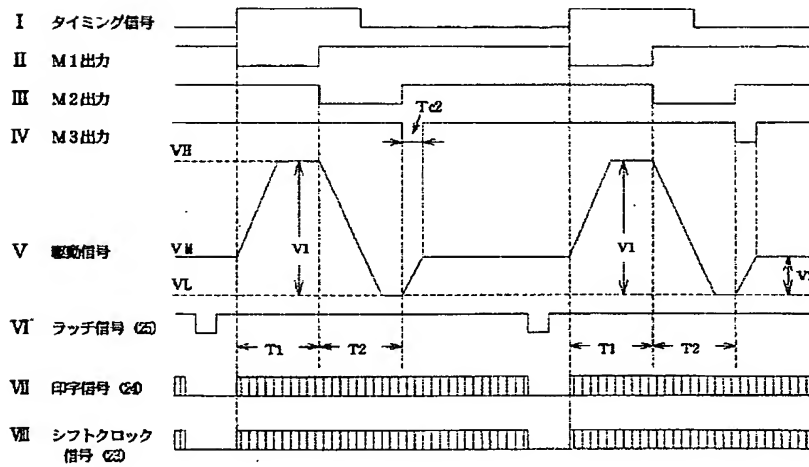
【図11】



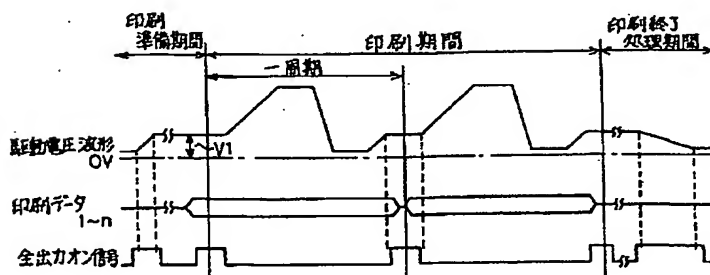
【図12】



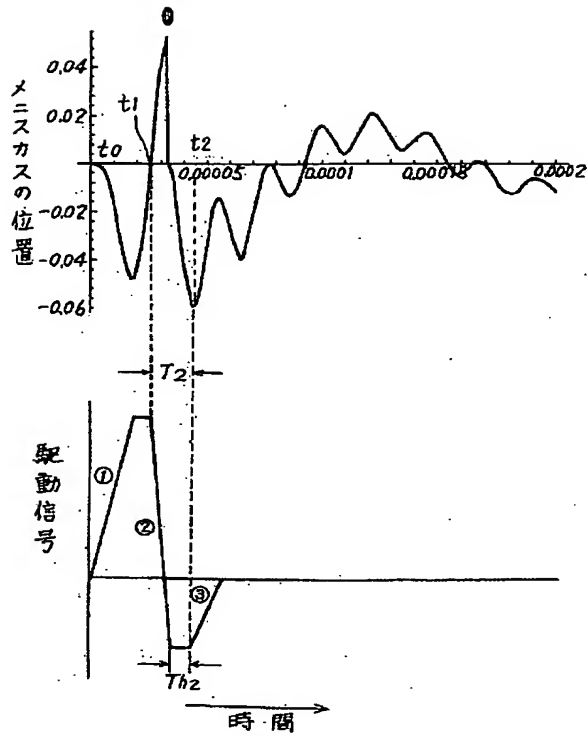
【図5】



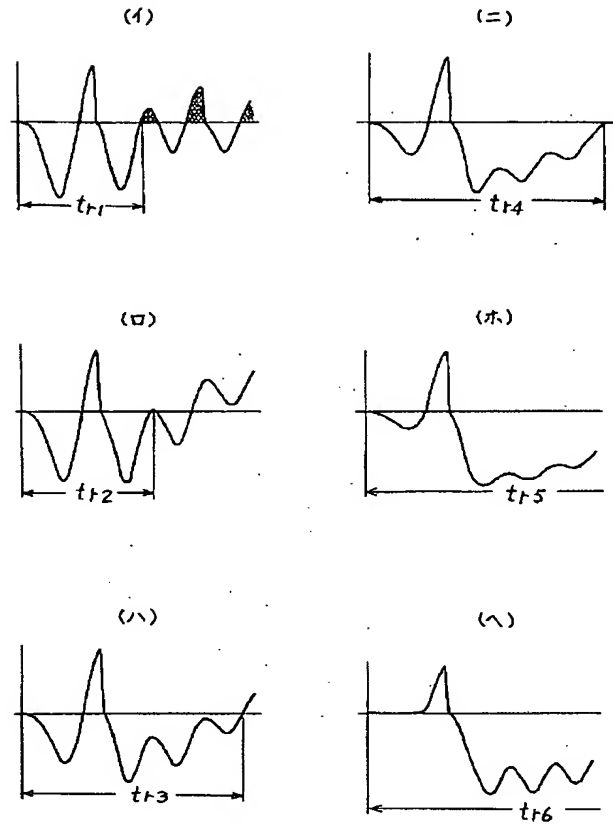
【図18】



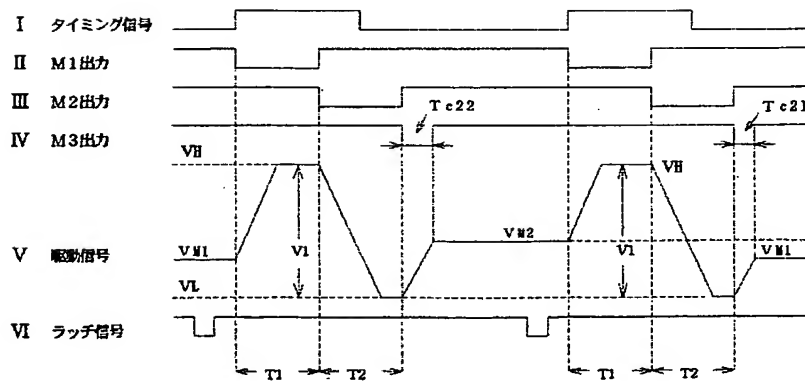
【図7】



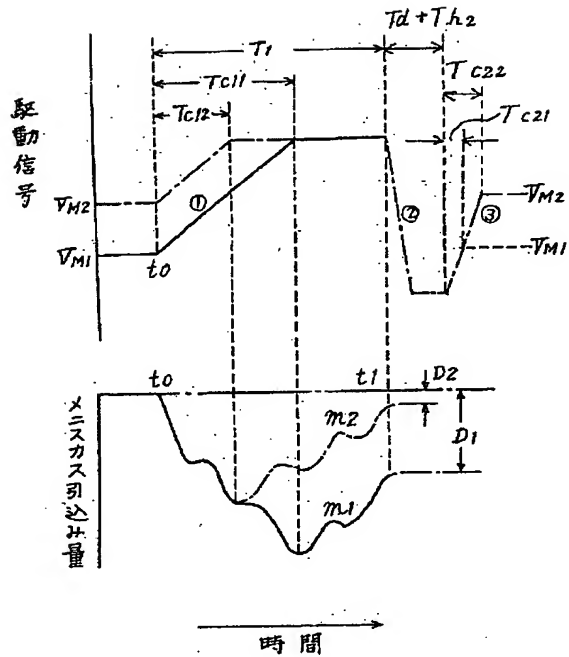
【図8】



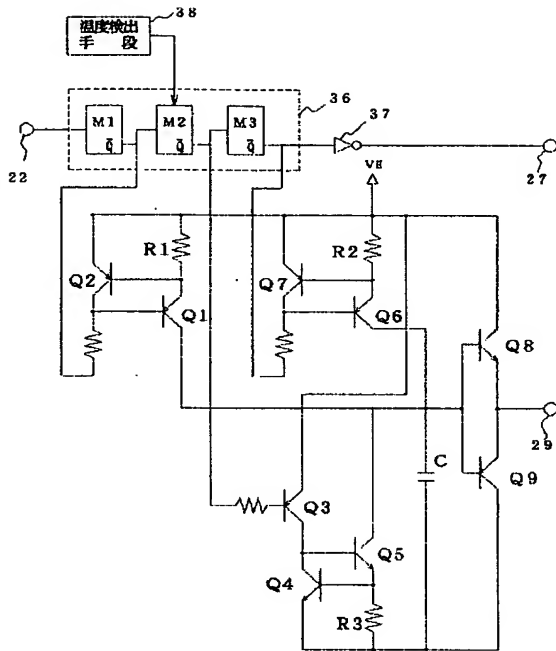
【図9】



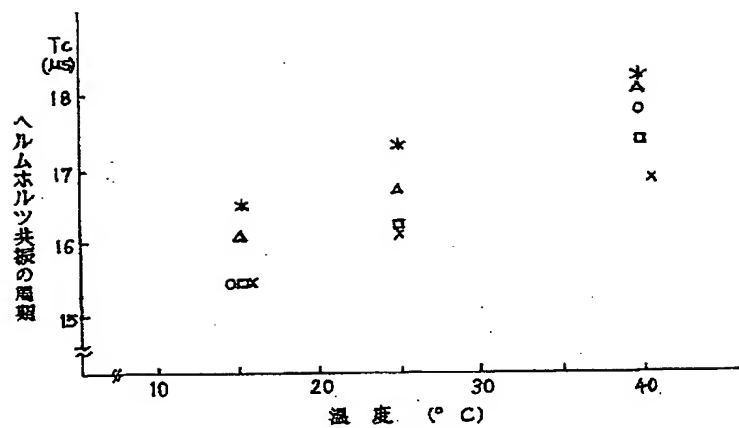
【図10】



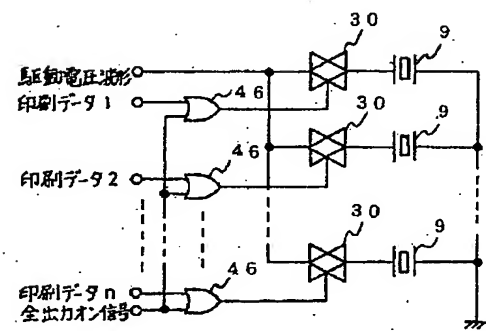
【図15】



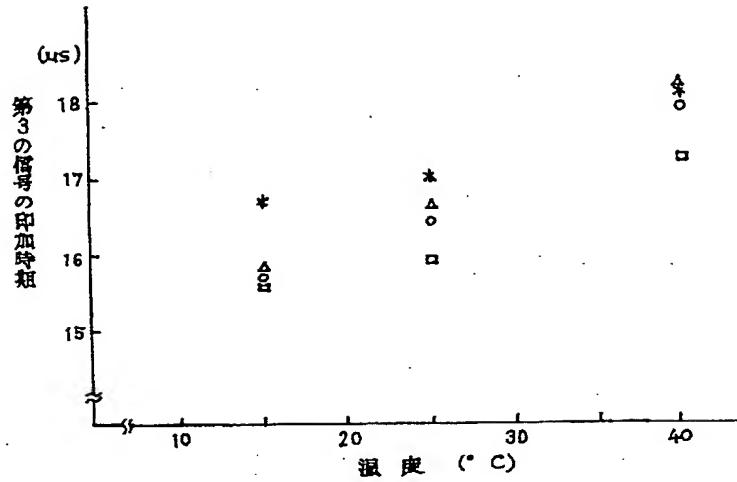
【図13】



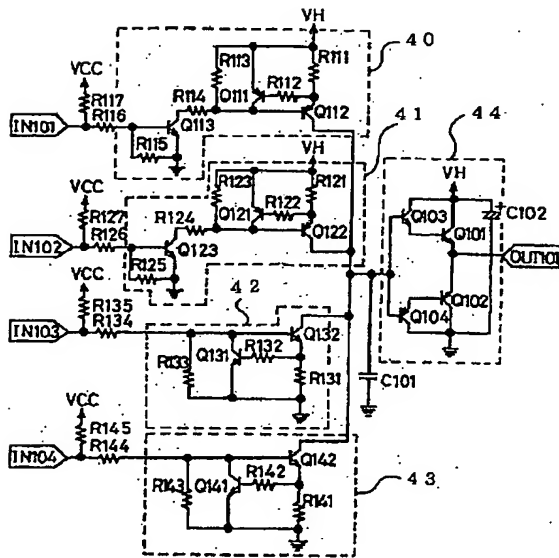
【図22】



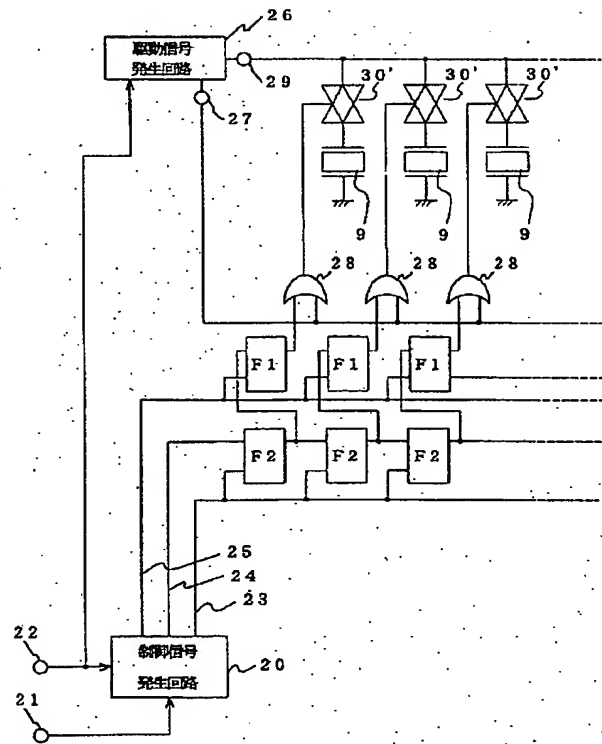
【図14】



【図16】

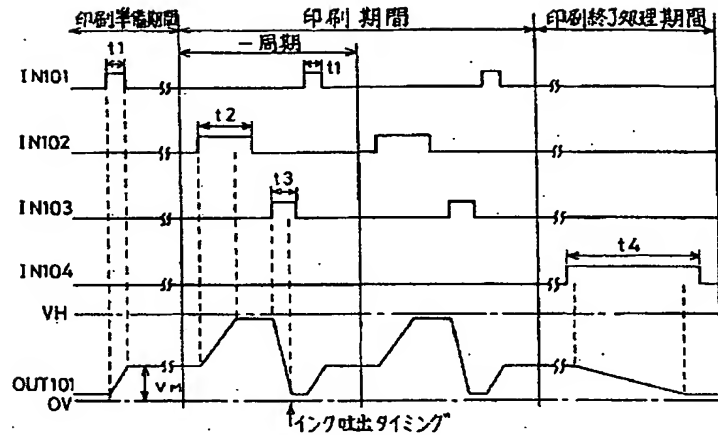


【図19】

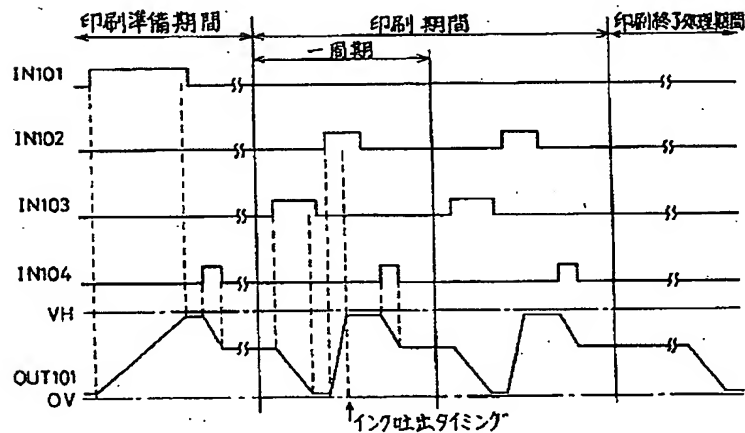




【図17】



【図21】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願平7-166970  
 (32)優先日 平7(1995)6月8日  
 (33)優先権主張国 日本(JP)  
 (31)優先権主張番号 特願平7-166971  
 (32)優先日 平7(1995)6月8日  
 (33)優先権主張国 日本(JP)

(72)発明者 吉田 昌彦  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 (72)発明者 鈴木 一永  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 (72)発明者 岡沢 宣昭  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内



US006217159B1

(12) **United States Patent**  
**Morikoshi et al.**

(10) Patent No.: **US 6,217,159 B1**  
(45) Date of Patent: **Apr. 17, 2001**

(54) **INK JET PRINTING DEVICE**

(75) Inventors: **Kuji Morikoshi, Suwa; Tsuyoshi Kitahara, Nagano; Kaoru Momose, Nagano; Noriaki Okazawa, Nagano; Masahiko Yoshida, Nagano; Kazunaga Suzuki, Nagano; Takahiro Katakura, Nagano; Toshiki Usui, Nagano, all of (JP)**

(73) Assignee: **Selko Epson Corporation, Tokyo (JP)**

(\*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) Appl. No.: **08/890,040**

(22) Filed: **Jul. 9, 1997**

**Related U.S. Application Data**

(63) Continuation-in-part of application No. 08/635,196, filed on Apr. 19, 1996, now abandoned.

(30) **Foreign Application Priority Data**

Apr. 21, 1995	(JP)	7-097239
Apr. 21, 1995	(JP)	7-097240
Jun. 8, 1995	(JP)	7-166969
Jun. 8, 1995	(JP)	7-166970
Jun. 8, 1995	(JP)	7-166971
Apr. 5, 1996	(JP)	8-110384
May 20, 1996	(JP)	8-148680
Jul. 9, 1996	(JP)	8-179622

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> ..... **B41J 2/045**

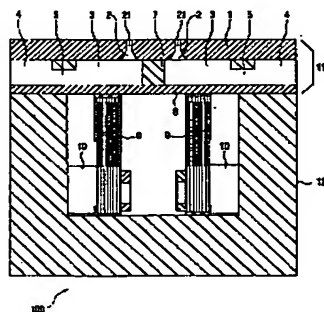
(52) U.S. Cl. .... **347/71; 347/10**

(58) Field of Search ..... **347/70, 71, 72, 347/10, 11, 69, 68**

(56) **References Cited**

**U.S. PATENT DOCUMENTS**

4,266,232	• 5/1981	Juliana, Jr. et al.	347/68
4,672,398	• 6/1987	Kuwabara et al.	347/11
4,972,211	11/1990	Aoki	



5,146,236	9/1992	Hirata et al.	
5,477,245	• 12/1995	Fuse	347/10
5,541,628	• 7/1996	Chang et al.	347/10
5,754,204	• 5/1998	Kitahara	347/70
5,764,257	• 6/1998	Miyazawa et al.	347/71

**FOREIGN PATENT DOCUMENTS**

0208484	1/1987	(EP)
0271905	6/1988	(EP)

(List continued on next page.)

**OTHER PUBLICATIONS**

Patent Abstracts of Japan, Publication No. JP6171080, dated Jun. 21, 1994.

(List continued on next page.)

Primary Examiner—John Barlow

Assistant Examiner—C. Dickens

(74) Attorney, Agent, or Firm—Sughrue, Mion, Zinn, Macpeak & Seas, PLLC

(57) **ABSTRACT**

An ink jet printing device supplies first and second signals to cause a pressure generating chamber to jet out ink droplets. A third signal is applied to the pressure generating chamber to effectively attenuate the kinetic energy of the meniscus and to hold the meniscus at a position suitable for jetting out the next ink droplet to provide a stable print output. Also, an ink-jet recording apparatus is provided with a control means for controlling the timing of the start of the second signal and the timing of the start of the third signal according to the environmental temperature. In the ink-jet recording apparatus, the discharge speed of ink drops is made constant by regulating the start time of the second signal so as to make constant the drawing position of a meniscus when the ink drops are discharged. Further, the pressure generating chamber is expanded again by applying the third signal at the time the vibration of the meniscus generated by the discharge of the ink drops is moved closest to the pressure generating chamber, so that the kinetic energy of the meniscus moving to the nozzle can effectively be attenuated.

**29 Claims, 29 Drawing Sheets**

